



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CAMPUS DARCY RIBEIRO**

**ANDRÉ LUÍS KAY JULIÃO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
MILHO POR MEIO DA ANÁLISE DE IMAGEM E TESTES DE  
GERMINAÇÃO E VIGOR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO)**

**BRASÍLIA/DF**  
**JULHO/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CAMPUS DARCY RIBEIRO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
MILHO POR MEIO DA ANÁLISE DE IMAGEM E TESTES DE  
GERMINAÇÃO E VIGOR**

**ANDRÉ LUÍS KAY JULIÃO**

**ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA  
E MEDICINA VETERINÁRIA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À  
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO  
AGRÔNOMO.

**BRASÍLIA/DF**  
**JULHO/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CAMPUS DARCY RIBEIRO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
MILHO POR MEIO DA ANÁLISE DE IMAGEM E TESTES DE  
GERMINAÇÃO E VIGOR**

**ANDRÉ LUÍS KAY JULIÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADA POR:

---

NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA, DSc (UnB – FAV), Email: [narasouza@unb.br](mailto:narasouza@unb.br)  
(ORIENTADORA) CPF: 033.300.726-36

---

FABIANA CARMANINI RIBEIRO, DSc (UnB – FAV), Email: [facarmanini@unb.br](mailto:facarmanini@unb.br)  
(EXAMINADORA INTERNA) CPF: 059.119.796-08

---

JULIANA HIROMI SATO, MSc (Embrapa – Cerrados), Email: [jh.sato@yahoo.com.br](mailto:jh.sato@yahoo.com.br)  
(EXAMINADORA EXTERNA) CPF: 023.101.171-70

**BRASÍLIA/DF, 07 DE JULHO DE 2014.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Julião, André Luís Kay

Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho por meio da análise de imagem e testes de germinação e vigor. / André Luís Kay Julião; orientação de Nara Oliveira Silva Souza – Brasília, 2014. 45p.:il.

Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

JULIÃO, A. L. K. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho por meio da análise de imagem e testes de germinação e vigor.** Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2014. 45p.

## CESSÃO DE CRÉDITOS

NOME DO AUTOR: André Luís Kay Julião

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO): Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho por meio da análise de imagem e testes de germinação e vigor. ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

---

André Luís Kay Julião

CPF: 036.467.031-21

E-mail: andrejuliao621@gmail.com

“Tudo o que um sonho precisa para  
ser realizado é alguém que acredite  
que ele possa ser realizado.”

Roberto Shinyashiki

## **DEDICO**

**À Elizabeth**, minha amada mãe, **João Carlos**, meu querido pai, **João Marcos**, meu inseparável irmão, por serem exemplos de honestidade, humildade e bom-caráter.

**À Gabriela**, minha amiga, companheira e namorada.

**Aos meus amigos**, por estarem ao meu lado em todos os momentos inesquecíveis e inenarráveis que vivi.

## AGRADEÇO

**A Deus**, por todas as graças e bênçãos em minha vida, por ter me concedido uma família maravilhosa, por sempre iluminar e guiar o meu caminho.

**À minha família**, por todo carinho, amor e paciência comigo, pela criação que me deram, por desde cedo me mostrarem a importância de ser uma pessoa correta, educada e comprometida com os estudos.

**À minha namorada**, por cuidar de mim e me fazer uma pessoa melhor.

**Ao meus amigos**, por terem tornado esta jornada única em minha vida, todos sempre terão um espaço guardado em meu coração.

**À professora Nara**, por todo esforço, atenção e dedicação em me orientar e tornar este sonho possível.

**Ao Ricardo**, pela fundamental ajuda que empenhou neste trabalho.

**A todos os meus professores**, que fizeram parte da minha vida estudantil e que contribuíram para que hoje eu possa estar aqui.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1 A cultura do milho .....	2
2.2 Qualidade fisiológica de sementes de milho.....	4
2.3 Análise de imagem de sementes .....	10
2.3.1 Imagens digitais.....	11
2.3.2 Análise de imagens de plântulas .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Matéria-prima .....	15
3.2 Análises laboratoriais.....	15
3.2.1 Teor de água da semente .....	15
3.2.2 Teste de germinação.....	15
3.2.3 Teste de crescimento de plântulas (Medição manual) .....	16
3.2.4 Teste de crescimento de plântulas (Medição das plântulas através do equipamento SAS) .....	16
3.2.5 Teste de condutividade elétrica .....	19
3.2.6 Teste de envelhecimento acelerado .....	19
3.3 Avaliação em campo.....	20
3.3.1 Teste de emergência de plântula em campo .....	20
3.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES .....	28
6. REFERÊNCIAS .....	29



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Plântula na bandeja do SAS antes da digitalização da imagem, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.....	17
Figura 2- Janela de pré-análise (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.....	17
Figura 3- Plântula digitalizada (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014. ....	18
Figura 4- Detalhes da análise (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014. ....	18
Figura 5- Janela de edição de sementes germinadas (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014. ....	19
Tabela 1. Análise de variância nos testes de crescimento de plântulas.....	21
Tabela 2. Resultados médios obtidos nos testes de crescimento de plântulas.....	22
Tabela 3. Análise de variância nos testes de germinação e vigor.....	23
Tabela 4. Resultados médios obtidos nos testes de germinação, emergência em campo e envelhecimento acelerado.....	24
Tabela 5. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição I. ....	25
Tabela 6. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição II.....	26
Tabela 7. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição III. ....	26
Tabela 8. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição IV. ....	27

## RESUMO

A análise de imagem de sementes vem surgindo como uma técnica potencial na avaliação da qualidade fisiológica de sementes por ser rápida e apresentar resultados precisos e muitas vezes não destrutivos. Contudo, necessita ser pesquisada com maior amplitude. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi analisar os resultados obtidos em testes de germinação e vigor e comparar com os dados provenientes da análise digital de sementes, fornecidos pelo Sistema de Análise de Sementes - SAS. Foi utilizado o híbrido de milho comercial Impacto, da empresa Syngenta. Foram realizados os testes de germinação, teor de água, emergência em campo, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e as avaliações de crescimento de plântulas (comprimento de maior raiz, parte aérea, tamanho total e número de ramificações) em duas formas de avaliações, medição manual e pelo equipamento SAS. Além da comparação de crescimento de plântulas, foram comparados os resultados de germinação e vigor pelas duas formas de avaliações. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os resultados foram analisados pelo emprego da análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey. Não foi encontrada diferença significativa nos testes realizados, tanto para crescimento de plântulas, quanto para as avaliações de germinação e vigor. Portanto, o equipamento SAS da empresa brasileira, Tbit Tecnologia e Sistemas, mostrou-se como uma possibilidade promissora na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L. Potencial fisiológico. SAS.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas de maior destaque no panorama econômico brasileiro, sendo que entre os cereais é o mais produzido no país. Por ser um dos principais componentes do PIB agropecuário o investimento em tecnologias para obtenção de sementes de qualidade superior é compensatório para a economia brasileira.

Os testes de germinação e vigor são de fundamental importância para a indústria de tecnologia de sementes, servindo para fundamentar tomadas de decisões que podem implicar em viabilizar, ou não, um material decorrente de um trabalho oneroso. Desse modo, estabelecer metodologias confiáveis, de rápida execução e com baixo custo, representa um importante diferencial na obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica.

O benefício não se dá somente no aumento do faturamento de determinada empresa que atua no segmento, mas de todo o mercado em si. O produtor quando adquire a semente, espera que ela apresente características que são fundamentais para uma produtividade elevada, como por exemplo: alta taxa de germinação, uniformidade do estande, resistência a pragas e doenças, entre outros. Um material resultante de anos de pesquisa deve apresentar uma maior fidelidade possível entre os testes obtidos em laboratório e os resultados apresentados em campo.

Os testes de vigor servem de complemento aos testes de germinação, pois estes são feitos em ambientes controlados, enquanto aqueles se baseiam em situações normais de campo, onde há uma ampla faixa de condições ambientais. Apesar de tais testes serem utilizados por muitas décadas, uma de suas limitações está no fato do tempo que se leva para a realização e consequente análise dos dados obtidos, além da subjetividade dos mesmos.

A análise digital de sementes tem surgido, recentemente, como uma importante alternativa para se avaliar as características morfológicas e fisiológicas de sementes e plântulas, tornando mais eficaz o procedimento. Uma de suas vantagens é de ser um método não-destrutivo, sendo assim, posteriormente, a sua análise, o material analisado pode ser submetido a outros testes, para a averiguação de seus resultados.

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo analisar os resultados obtidos em testes de germinação e vigor e comparar com os dados provenientes da análise digital de sementes fornecidos pelo equipamento da empresa brasileira Tbit Tecnologia e Sistemas, o Sistema de Análise de Sementes – SAS.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das culturas de maior importância em escala mundial sendo que, entre os cereais, ele ocupa a terceira posição, somente é ultrapassado pelo arroz e pelo trigo (FAGERIA, 1989). A origem do milho é incerta, possivelmente ela tenha como berço de origem o hemisfério norte, na América Central. Destaca-se como uma das culturas de maior antiguidade conhecida e sua domesticação provém de quatro mil anos atrás. Serviu de alimentação básica para diversas civilizações como, por exemplo, os Maias, Astecas e Incas, os quais reverenciavam o cereal em sua arte e religião. Após o descobrimento do Continente Americano, foi cultivado como planta ornamental e exótica em países como Espanha, Portugal, França e Itália. *A posteriori*, teve o seu valor alimentar reconhecido, deixando de ser visto como uma planta ornamental e passando a ter fins econômicos, sendo disseminado para o restante da Europa, Ásia e norte da África. A partir desse momento surgia a expansão dessa cultura tão amplamente difundida atualmente.

Em relação ao cultivo no Brasil, o milho já era apreciado em nossas terras desde antes do descobrimento. Já fazia parte da dieta dos índios que aqui habitavam, principalmente, os Guaranis. Após a chegada dos portugueses, o consumo aumentou e novos produtos à base de milho foram incorporados aos hábitos alimentares dos brasileiros.

O milho é uma cultura praticamente cosmopolita, esse é um dos fatores que explicam o seu sucesso em termos de produção, pois apresenta fácil adaptação a diversas regiões, sendo possível alcançar safras de sucesso da coordenada 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina) e em altitudes que variam do nível do mar a 4.000m (EMBRAPA, 1996; MAGALHÃES *et al.*, 1995).

O Brasil tem uma vantagem competitiva em relação ao mercado do milho, pois é capaz de oferecer condições propícias para seu cultivo em todo o seu espaço geográfico. A produtividade do milho está relacionada principalmente a dois conjuntos de fatores: os ambientais e os genéticos (RESENDE *et al.*, 2003). Os ambientais dizem respeito à temperatura, fotoperíodo, disponibilidade hídrica, características físicas e químicas do solo, etc. Em relação aos fatores genéticos vale destacar a resistência a pragas, doenças e estresse hídrico, precocidade do ciclo, arquitetura da planta, etc. As variações das produtividades

médias da cultura são muito grandes podendo variar 2 a 3 toneladas por hectare e de 10 a 45 toneladas de matéria verde por hectare (COELHO; FRANÇA, 1995).

Segundo Sousa & Lobato, (2002) é uma das gramíneas mais cultivadas na área do Cerrado. O Cerrado é responsável por ocupar cerca de 20% do território brasileiro (MALAVOLTA *et al.*, 2002), tendo sido, em passado recente, considerado uma região de solos pobres, de baixa produtividade, com limitações ambientais. É o maior bioma do Brasil, só ficando atrás da Mata Amazônica, com 204 milhões de hectares (SOUZA; LOBATO, 2002). De acordo com o atual panorama de pesquisas e resultados de cultivos de milho comerciais, está claro que o Cerrado desempenha e desempenhará um papel fundamental na produção mundial de alimentos.

O Brasil ganha destaque no âmbito mundial ocupando o terceiro lugar de maior produtor mundial de grãos de milho. Os Estados Unidos lideram e a China vem em segundo lugar (DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO - DEAGRO, 2013). No território brasileiro, todas as regiões gozam de participação ativa nos atuais índices de crescimento da produção, entretanto a região Sul tem o seu lugar de destaque, pois é a maior produtora de milho por diversas safras no Brasil. O incremento de tecnologias nas outras regiões que não tinham tanta tradição em cultivos, vide o caso do Cerrado, ocasionou um aumento expressivo na produção brasileira.

Na safra de 2012/2013 o milho foi o cereal mais produzido no país com cerca de 81 milhões de toneladas, e há uma estimativa de 3,1% de aumento na produção da atual safra (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013). Com os avanços tecnológicos e adequado manejo, à produção por hectare pode ser duplicada de modo simples. Basta que se usem determinadas técnicas, como por exemplo: maior densidade de plantio, adubações adequadas e variedades selecionadas, o que poderá ser conseguido com estímulos à produção. O milho tem uma procura em grande escala para alimentação animal e é de cerca de 60% a 80% dependendo, variando de ano a ano. A industrialização da cadeia produtiva do milho, no Brasil, tem como característica a existência de expressivo número de pequenas e médias unidades para obtenção dos produtos mais simples: farinha de milho, fubá, farelo, etc. Em relação ao milho que é destinado ao comércio exterior, a seleção é severa. Alguns entraves da exportação ocorrem à diferença de preços em relação ao produto americano, fato que vem conciliando devido à intervenção do governo federal por meio de leilões de prêmios, o que promove a garantia do escoamento da produção nos últimos anos.

Segundo Coelho & França (1995), o milho é considerado uma planta de dia curto, ou seja, floresce quando a duração da noite (período sem luz) é maior ou igual que o fotoperíodo crítico, não obstante, algumas cultivares podem não sofrer efeito dessa variação da duração do dia. A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, varia de 23°C a 30°C. Das fases que compreendem o espigamento à colheita do grão, a temperatura não exerce muito eficácia, porém, pode haver um retardamento da maturação da planta se houver uma queda muito profunda de temperatura. Para a cultura do milho, uma redução de 30 a 40% da luminosidade, pode causar efeitos diretamente no ciclo e também queda no potencial produtivo.

Quanto à necessidade hídrica, nos primeiros estágios de desenvolvimento da cultura, há uma necessidade de pouco mais de 2,5 mm dia, contudo, quando a planta atinge 100% de ocupação do solo o consumo pode chegar a 10 mm dia. As maiores exigências da cultura em termos hídricos são observadas nas fases de emergência, florescimento e formação de grãos (COUTO *et al.* 2003).

## **2.2 Qualidade fisiológica de sementes de milho**

As sementes são resultados das mais diversas combinações genéticas elucidadas pelos melhoristas, sendo assim, constituem um dos principais, senão, o principal fator da cadeia produtiva de determinada cultura. O árduo trabalho de anos dos melhoristas são expressos em pequenas partículas que são as sementes e se caracterizam por ser o mecanismo mais eficaz de disseminação de cultivos para novos centros. Como podemos perceber, o fator primordial de sucesso da semente está intrinsicamente ligado a sua qualidade, expressão esta ampla, que abrange outros conceitos, como a “qualidade fisiológica”, “qualidade física”, “qualidade genética” que por si só e isoladamente não são capazes de determinar o desempenho de um lote. A expressão “qualidade de sementes” é a mais adequada, pois engloba o valor como um todo de um lote de sementes para atender o principal objetivo de sua utilização (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Popinigis (1977), qualidade de sementes se caracteriza por ser um conjunto de características que determinam seu valor para semeadura, isto é, para a sua expressão em campo, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, ou seja, a qualidade é caracterizada pelo conjunto de atributos que pertencem a

categorias distintas, mas que se busca a melhor interação possível entre os mesmos para que sejam expressos no produto final, a semente.

a) Atributos genéticos: Estão relacionados com a pureza varietal (representa a ausência de outras espécies e/ou variedades), homogeneidade, potencial de produtividade, resistência a patógenos e pragas, precocidade, atributos morfológicos da planta, etc.

b) Atributos físicos: São divididos em duas categorias. Uma consiste na pureza em si, esta que é caracterizada pela proporção de componentes físicos (materiais) presentes no lote de sementes, como por exemplo, as sementes da planta que se quer cultivar, que no caso são as sementes puras e os componentes estranhos, que não fazem parte do material desejado: sementes silvestres, outras sementes cultivadas, e substâncias inertes. A outra categoria é a condição física da semente que é caracterizada pelo teor de água, tamanho, cor, densidade, aparência, injúrias mecânicas e causadas por insetos, infecções por doenças e também pela uniformidade dessas características. A respeito das condições físicas, elas desempenham um papel importante nos métodos de separação de sementes.

c) Atributos fisiológicos: estão relacionados pela sua capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizada pela sua germinação, vigor e longevidade.

d) Atributos sanitários: estes atributos apontam para o estado da semente em relação à presença e a intensidade de ocorrência de patógenos, como os fungos, vírus, nematoides e bactérias e também dano causado por insetos. A ocorrência de doenças e insetos representa um dos principais fatores que diminuem a qualidade e a expressão do potencial produtivo de uma semente.

Os principais componentes básicos da qualidade de sementes (genética, física, fisiológica e sanidade) são equivalentes, porém, o potencial fisiológico desempenha um papel de maior atenção nas pesquisas, haja vista que sem uma boa germinação e sem um bom vigor, as outras características se tornam irrelevantes. A qualidade da semente é traduzida exatamente no fim a que ela se compromete, ou seja, no resultado da cultura que ela gera. Essa qualidade é facilmente observada na uniformidade do estande, em um material sadio que não é veículo de transmissão de patógenos, com alto vigor, capaz de superar as mais diversas condições adversas e a capacidade de manter a sua vitalidade por um período de tempo, isto é, a sua longevidade (POPINIGS, 1977).

Segundo Abdul-baki & Anderson (1972) a qualidade fisiológica ganhou destaque nas pesquisas nos últimos tempos em virtude das sementes serem facilmente atacadas por uma série de mudanças degenerativas de diversas origens, como a bioquímica, fisiológica e física

que acarretam em uma redução do vigor e que ocorrem após a maturação fisiológica da semente. Sendo assim, é de suma importância preservar ao máximo a qualidade fisiológica das sementes. Marcos Filho (1999) descreve que a qualidade fisiológica de uma semente está enraizada em seu genótipo, daí se tem uma das importâncias do trabalho dos melhoristas, e que é fundamental que se faça a cada etapa de seleção de cultivares, testes de vigor para que haja um melhoramento genético mais eficaz.

O potencial fisiológico das sementes pode ser seguramente estimado através de dados obtidos a partir da germinação e especialmente do vigor das mesmas. Este potencial pode ser definido de diversas maneiras, pois é um conceito subjetivo. Porém, Marcos Filho (2005), o define como o conjunto de capacidades para expressão dos processos vitais da semente. Fazer uso de sementes que apresentam um elevado potencial fisiológico traz benefícios que incluem uma melhor germinação, sendo esta rápida e uniforme, plântulas que suportam uma gama variada de adversidades ambientais como, estresses hídricos e uma maturidade mais uniforme da colheita, o que traz um enorme benefício na ocasião da colheita, evitando que se colha um produto maduro e outro não.

Em relação ao teste de germinação, segundo McDonald (1993), nos tempos atuais, este teste apresenta uma grande evolução de vários anos de pesquisa e pode ser usado seguramente para ser um dos critérios de avaliação de qualidade fisiológica em semente, gerando dados de aceitável reprodutibilidade e de alta confiabilidade nos resultados obtidos. O teste de germinação tem um status tão elevado de confiança, que há muitos anos serve de parâmetro para regulamentar o comércio de sementes. Apesar da alta confiabilidade de um teste de germinação, deve-se levar em conta que ele é realizado no âmbito de um laboratório, o que não traduz realmente a condição que a semente poderá encontrar quando for semeada em campo, por isso, Ferguson (1993), relatou que nem sempre as informações que este teste obtém podem dispor com probidade de um resultado posterior veiculado em campo. Destes aparentes conflitos é que surgiu a necessidade de desenvolver o conceito de vigor, visando complementar o teste de germinação com informações mais reais que este não podia obter e de outros testes de laboratório para aumentar a confiabilidade de avaliação e elevar a eficiência de um pré-julgamento sobre a qualidade de um lote de sementes (KRZYŻANOWSKI *et al.*, 1999; MARCOS FILHO *et al.*, 1987; SÁ, 1987).

A respeito do vigor de sementes, existem diversos conceitos que podem elucidar o seu significado, de acordo com Delouche & Caldwell (1960), o vigor é representado como a compilação de todos os atributos da semente que favorecem um rápido e uniforme



estabelecimento das plantas em campo. Já para Woodstock (1965), vigor é o estado de boa saúde e robustez natural das sementes que permite a germinação rápida e completa sob uma larga faixa de condições do ambiente. E para finalizar, Carvalho (1986) nos diz que vigor é o nível de energia de que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo. Pode-se concluir assim que o vigor está intimamente ligado com a capacidade que a semente tem de expressar o seu potencial de crescimento e desenvolvimento no campo.

Segundo Marcos filho (2005) o vigor é influenciado por diversos agentes, como por exemplo, o ataque de pragas e doenças, o genótipo, as condições climáticas, favoráveis ou não, que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento da semente e até mesmo fatores que derivam antes da sua formação, que pode ser exemplificado pela nutrição da planta mãe que a originou. Também há de ser levado em conta o manejo da colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento do produto, são os principais fatores redutores das qualidades físicas das sementes. Outro fator importantíssimo que controla o vigor das sementes é o seu genótipo, ou seja, o conjunto de características que os melhoristas inseriram na base de formação da semente. Várias características estão relacionadas com o máximo potencial de qualidade das sementes (germinação, emergência e vigor), porém, para Prete & Guerra (1999), o genótipo é o mais primordial desses.

O vigor foi conceituado por diversos autores e organizações. A AOSA – *Association of Official Seed Analysts*, que foi pioneira em regulamentar o comércio de sementes nos Estados Unidos e Canadá, em 1993, deixou assente que o vigor é o conjunto de propriedades que determinam o potencial para rápida e uniforme emergência e desenvolvimento de plântulas normais, sob diferentes condições ambientais. Já para a ISTA – *International Seed Testing Association*, associação esta que se formou na Europa, em 1981 considerou o vigor como sendo a soma das propriedades que determinam o potencial de atividade e desempenho da semente, ou do lote de sementes, durante a germinação e emergência das plântulas. Já para Carvalho (1986), o vigor da semente pode ser resumido como a força de energia biológica que a semente possui para iniciar o seu processo germinativo, isto é vencer a dormência ou a quiescência, as condições ideais ou não edafoclimáticas e desenvolver a sua condição de semente para plântula.

Essa grande diversidade de definições deixa claro as dificuldades, encontradas nas concepções, devidas à multiplicidade, a diversidade de propriedades que o termo abrange e à inexistência de grandeza referencial (CALIARI; MARCOS FILHO, 1990). Todavia, as pluralidades dos conceitos convergem pra um tema em comum, que é a condição específica

da semente de “vencer”, ter “força” em seu processo germinativo, ou seja, superar as condições possivelmente adversas e gerar plântulas vigorosas que irão compor a população da cultura.

Uma vez que certa semente apresenta uma germinação deficiente, isto é um indício relevante que está ocorrendo perda de vigor, porém, esta perda de vigor é a última consequência, o que torna muito apropriado o uso dos testes de vigor para monitorar a qualidade de sementes durante os vários elos que compõem o ciclo de vida da semente, entre eles, a produção, beneficiamento e armazenamento, pois a perda de vigor antecede a falta de viabilidade. Segundo Custódio & Marcos Filho (1997), a respeito da curva de viabilidade, que é caracterizada por ser uma parábola descendente, a maior parte dos lotes de sementes que são comercializados estão localizados no começo dessa curva, desta forma, apresentam alta viabilidade em razão da alta germinação. Contudo, esses dois conceitos não devem se confundir com a curva de sobrevivência, esta que dependerá do nível de deterioração e de vigor. Para Marcos Filho *et al.* (1987), fazer uso de diferentes testes para a avaliação do vigor de um lote de sementes é válido pois, como os testes trabalham com vários aspectos distintos para determinar esse parâmetro, tem-se a oportunidade de obter informações mais confiáveis e adequadas para cada espécie.

As empresas produtoras de sementes de milho utilizam rotineiramente no seu controle de qualidade, os testes de emergência de plântulas em campo, teste de frio e envelhecimento acelerado, sendo estes testes de vigor, considerados fundamentais para o gerenciamento da produção (CASEIRO; MARCOS FILHO, 2002).

No teste de emergência de plântulas em campo a semeadura é conduzida em canteiros e após um determinado período em dias, é computado o número de plântulas emergidas, sendo que quanto maior o percentual de plântulas emergidas, mais vigoroso será o lote (NAKAGAWA, 1999).

Um dos testes mais utilizados para determinar o vigor de sementes de milho é o teste do envelhecimento acelerado, que foi proposto pela AOSA (1983). Teste este que tem como fundamento que as sementes que não são tão vigorosas, pois perdem mais facilmente a aptidão de germinar mais rápido com o decorrer do tempo, que é justamente o que este teste propõe. O teste de envelhecimento acelerado tem como vantagem em relação ao teste de frio apresentar chances mais altas no controle de variáveis e, desse modo, permite obter uma padronização mais elevada, não só a respeito da metodologia do teste em si, mas também na

interpretação dos resultados, fazendo com que este teste seja de alta confiabilidade (MARCOS FILHO, 1999).

Um outro teste muito corriqueiro para determinar o vigor de um lote de sementes é o teste de condutividade elétrica da solução de embebição de sementes. Esse teste foi proposto por Matthews & Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. É classificado como um teste indireto, pois mede um componente fisiológico específico da semente que está indiretamente relacionado com o seu desempenho germinativo. O fundamento do teste de condutividade elétrica é que o valor da condutividade é proporcional à quantidade de lixiviados na solução, a qual está diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares, desta forma, quanto maior a quantidade de lixiviados na solução, maior será a condutividade elétrica. A respeito das membranas, quando estas estão mal estruturadas e as células encontram-se danificadas, em geral, há uma associação ao processo de deterioração da semente e, portanto, as sementes apresentam um baixo vigor (AOSA, 1983; MARCOS FILHO *et al.*, 1987).

Para a escolha de qual ou quais os testes a se utilizar para avaliação do vigor, devem ser considerados aqueles métodos rápidos e eficientes, que representem o potencial de emergência em condições de campo e que auxiliem principalmente na tomada de decisão quanto ao manuseio, descarte e comercialização das sementes produzidas (BITTENCOURT *et al.*, 2012). Além disso, leva-se em consideração a relação dos testes com o comportamento das sementes frente às situações específicas, como a secagem, armazenamento e desempenho dos lotes no campo sob condições climáticas adversas (BAALBAKI *et al.*, 2009).

Além destes testes tradicionalmente utilizados, existem outros testes de vigor relacionados com a determinação da velocidade e uniformidade de crescimento das plântulas que são considerados testes de grande importância para avaliação do vigor de lotes de sementes (HOFFMASTER *et al.*, 2003). O crescimento inicial das plântulas de milho está diretamente relacionado com o vigor das sementes (MONDO *et al.*, 2013), conseqüentemente, isso refletirá no desempenho das plântulas em campo (DIAS; MONDO; CICERO, 2010). O teste de emissão da raiz primária em plântulas de milho já foi validado como um teste de vigor para essa espécie (MATTHEWS *et al.*, 2011) o qual foi inserido em 2012 nas regras internacionais para análise de sementes (*International Rules for Seed Testing*).

O teste de comprimento de plântulas não necessita de equipamentos e nem de analistas especializados. No entanto, esta medição é realizada manualmente, demandando tempo e estando muitas vezes sujeita à variações entre analistas (DORNELAS *et al.*, 2005).

A alternativa que reduziria o tempo gasto, para realização da avaliação manual, bem como eliminaria a subjetividade do teste, seria a automatização desse processo, pois além de ser um teste rápido ele seria um teste com resultados mais precisos (MARCOS FILHO *et al.*, 2009). Uma técnica relevante, que vem sendo recentemente adotada e que possui um grande potencial para a avaliação da qualidade das sementes é a análise de imagens computadorizadas de plântulas.

### **2.3 Análise de imagem de sementes**

A análise de imagens tem como base uma imagem digitalizada de certo objeto, que a partir desta se obtém certas informações com bases em características intrínsecas do mesmo, como por exemplo: cor, textura, tamanho, formato, etc. Segundo Cícero *et al.* (1998), uma das vantagens dessa técnica é que esse processo não é destrutivo, sendo assim, permite que o material submetido à análise seja colocado para germinar, podendo, ulteriormente, estabelecer relações entre os danos mecânicos ou alterações observadas dentro das sementes e os prejuízos causados para a germinação.

Ultimamente, a análise de imagens tem sido utilizada para identificar os efeitos dos danos mecânicos sobre a germinação de sementes de milho, e a respeito desse tema, Cicero *et al.*, (1998), chegaram a conclusão que esta técnica pode ser usada para avaliar danos mecânicos localizados tanto na parte externa, quando interna das sementes, podendo se relacionar diretamente com as anormalidades de plântulas ou com a morte dos embriões. Concluíram também que as rupturas presentes no endosperma, restringindo a translocação de nutrientes para o eixo embrionário, ou as que intervinham diretamente sobre o eixo embrionário, eram as que afetavam negativamente a germinação das sementes.

Trabalhos feitos por Girardin *et al.*, (1993) e Carvalho *et al.*, (1999) com sementes de milho que apresentavam estresse em pré-colheita, reiteraram a tese de que análise de imagens de sementes é o melhor método não destrutivo para avaliar as características da morfologia interna das sementes.

A literatura tem documentado vários estudos envolvendo a análise de imagens em tecnologia de sementes, principalmente os raios-X e a análise de imagens de plântulas, visando estabelecer sua relação com o vigor de sementes. Neste sentido, McCormac *et al.*, (1990) demonstraram a viabilidade do uso de um sistema automático para a determinação do vigor de sementes de couve-flor, mediante a avaliação individual do comprimento da raiz

primária de plântulas. McDonald *et al.*, (2003) discutiram as diferentes alternativas para aplicação do sistema automatizado para a determinação do vigor de sementes e as amplas possibilidades de sucesso na obtenção de informações consistentes. Essa metodologia tem sido utilizada rotineiramente por laboratórios de entidades certificadoras de sementes e de empresas produtoras nos Estados Unidos da América, particularmente no estado de Ohio, sendo considerado procedimento promissor para avaliação segura do vigor de sementes de várias espécies cultivadas.

A mensuração do potencial fisiológico de sementes com base na comparação do crescimento de plântulas ou de suas partes é um procedimento de eficácia atestada (WOODSTOCK, 1969; STEINER, 1990; NAKAGAWA, 1999) para constatar a heterogeneidade entre lotes de sementes e estabelecer relações com a emergência de plântulas em campo. Deste modo, a avaliação automatizada do crescimento de plântulas, reduzindo a subjetividade das análises baseadas na observação visual do analista, pode constituir-se em um avanço significativo para a padronização da metodologia, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos.

### **2.3.1 Imagens digitais**

Uma imagem é formada por uma função bidimensional de intensidade de luz  $f(x, y)$  sendo  $x$  e  $y$  coordenadas espaciais e o valor de  $f$  em um determinado par de coordenadas é proporcional ao brilho (amplitude) da imagem naquele ponto. Em uma imagem digital a  $f(x, y)$  é discretizada. Isso é possível, pois a imagem contínua passa pelos processos de amostragem e quantização, onde ocorre a transformação dos componentes da função em valores pontuais (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Nas imagens digitais, a resolução espacial e resolução de cor são fatores importantes para o entendimento da formação e processamento da imagem. A primeira representa o tamanho da matriz que se utilizou para representar uma imagem, e que determinará o seu nível de detalhes desta. A segunda representa o número de cores possíveis que cada célula matriz (pixels) possui (GONZALEZ; WOODS, 2007).

O processamento da imagem digital pode ser dividido em quatro etapas: a aquisição da imagem, o pré-processamento, a segmentação e a análise. A aquisição da imagem pode ser feita com o auxílio de câmera fotográfica e escâner, e é nesta etapa que ocorre a digitalização da imagem. No pré-processamento haverá a melhoria da imagem, como o realce de contrastes

e a remoção de ruídos, sendo esta etapa de grande importância para aumentar as chances de sucesso das etapas seguintes (GONZALEZ; WOODS, 2007).

A etapa de segmentação consiste nos processos de limiarização e o reconhecimento dos objetos de interesse. Segundo Gonzalez & Woods (2010), a limiarização é uma das mais importantes ferramentas de separação do objeto de estudo com o fundo das imagens, devido suas propriedades intuitivas, simplicidade de implementação e velocidade computacional.

A limiarização, originado da palavra em inglês *threshold*, consiste na varredura da imagem original identificando os pixels pertencentes ao objeto e ao fundo, por meio de limiares ou limites pré-definidos, que podem ser por intensidade de cinza ou por variação de cor (GONZALEZ; WOODS, 2010). Para limiarização por cor pode-se utilizar vários tipos de modelo de cores na identificação dos pixels pertencentes ao objeto e ao fundo da imagem, entre eles estão os modelos de RGB, HSV, CIELab e YCbCr que estão descritos abaixo:

- *Modelo RGB*: sistema proposto por Young-Helmholtz que se baseia na teoria do estímulo de três cores: Vermelha (*Red-R*), Verde (*Green-G*) e Azul (*Blue-B*), as quais podem formar cores secundárias, como a cor magenta (vermelho mais azul), ciano (verde mais azul) e amarelo (vermelho mais verde).

- *Modelo HSV*: composto por um sistema de cores formado pelos componentes de Matiz (*Hue-H*), Saturação (*Saturation-S*) e Valor (*value-V*). O matiz é responsável por verificar o tipo de cor que varia desde o vermelho até o violeta, mais o magenta a saturação regula a quantidade de tom de cinza que uma imagem apresentará, e o valor representa a intensidade de brilho de uma imagem.

- *Modelo CIELab*: definido pela *Comission Internationale de l'Eclairage* - CIE na tentativa de aumentar a uniformidade das cores percebidas pelo sistema visual humano. Este sistema funciona como um tradutor universal de línguas entre os dispositivos, permitindo controlar as cores que passam de um dispositivo para outro, correlacionando os valores em RGB com os valores em “L” (a luminosidade que define a cor relativamente a ser mais clara ou mais escura nos limites do preto e branco), “a” (o tom que define a tonalidade da cor nos limites de verde e vermelho) e “b” (a saturação que define a intensidade ou pureza da cor nos limites de azul e amarelo).

- *Modelo YCbCr*: este modelo foi desenvolvido para permitir que as emissões dos sistemas de televisores coloridos fossem compatíveis com os receptores preto e branco. É um sistema de espaços cores usado como parte do canal de cor de uma imagem, vídeo ou sistema

de fotografia digital, no qual, “Y” representa o componente da luma, “Cb” a diferença de azul no componente chroma e Cr a diferença de vermelho no componente chroma (LOPES, 2003).

O processo de segmentação aumenta a probabilidade de sucesso na solução de problemas que dependem da identificação correta dos objetos. A resolução dos impasses é realizada com auxílio de *softwares* específicos durante a última etapa do processamento da imagem, a análise da mesma.

### **2.3.2 Análise de imagens de plântulas**

A análise computadorizada de imagens de plântulas representa uma técnica potencial para a avaliação do vigor de lotes de sementes (MCDONALD; CHEN, 1990). O primeiro relato de sua utilização dessa técnica foi no início da década de 90, onde se realizou a avaliação do comprimento de raiz primária de alface e cenoura por meio de análise de imagem (MCCOMARC *et al.*, 1990).

A avaliação de imagens de plântulas digitalizadas permite diferenciar lotes em níveis de vigor, sendo um processo de análise relativamente rápida e precisa (HOFFMASTER *et al.*, 2003; MARCOS FILHO *et al.*, 2009; SAKO *et al.*, 2001).

Sako *et al.* (2001) desenvolveram na Universidade Estadual de Ohio-OSU, nos Estados Unidos, um sistema computacional de análise de imagens de plântulas de alface, o *Seed Vigor Imaging System-SVIS*, que, por meio do processamento das imagens digitalizadas, calcula índices que se baseiam no crescimento e uniformidade inicial das plântulas. A utilização de plântulas de alface para esse estudo foi justificada por a mesma apresentar plântulas eretas, bem como hipocótilo e raiz bem definidos (MARCOS FILHO, 2010).

Para a utilização do SVIS, inicialmente as imagens são capturadas com o auxílio de um escâner tendo como operador um *software* específico. Geneve & Kester (2001) demonstraram que a utilização de escâner poderia ser uma ferramenta eficiente no monitoramento da germinação de sementes floríferas.

Além de comparar diretamente o vigor dos lotes por meio da análise do crescimento de plântulas, os resultados obtidos pelo SVIS podem se relacionar com os testes de vigor tradicionais como envelhecimento acelerado para o milho doce (ALVARENGA *et al.*, 2012).

Recentemente a Tbit tecnologias e Sistemas, empresa incubada na Universidade Federal de Lavras (UFLA), lançou no mercado um sistema de análise de imagem computadorizado, o Sistema de Análise de Sementes - SAS, composto por uma câmara de

captação da imagem e um *software* de análise. A câmara é constituída de uma bandeja com fundo de acrílico transparente, no qual é disposto o objeto de análise, e uma, ou duas câmeras fotográficas de alta resolução.

A aquisição das imagens no SAS pode ser realizada de duas maneiras: realiza-se apenas a captura da imagem e depois a análise, ou, captura-se e analisa-se a imagem ao mesmo tempo. A decisão de qual caminho escolher depende da existência de uma calibração pré-definida para o objeto a ser analisado.

Antes da captura e análise da imagem é necessário que o usuário do equipamento defina qual plano de fundo usar, ou seja, defina o padrão para a segmentação da imagem. A segmentação no SAS é realizada por diferença de cor, sendo que o *software* possui três opções de modelos de cor, o HSV, YCbCr e Cielab.

O SAS analisa imagens de sementes e de plântulas extraindo informações de cor, textura e geometria de cada indivíduo da imagem. Além de analisar individualmente a plântula, esse sistema de análise de imagens computadorizado fornece informações sobre vigor, uniformidade e crescimento de cada amostra por meio dos índices, cujos valores variam de 1 a 100. As fórmulas que o SAS utiliza para o cálculo desses índices são as mesmas do SVIS, porém todos os pesos dos parâmetros que compõem a fórmula podem ser modificados a cada análise, podendo variar entre as espécies, embora não tenha trabalhos que comprovem esta variação.

Para definir os pesos, o SAS possui uma ferramenta de calibração automática que, por meio de regressão multivariada, determina quais os valores dos pesos para que o valor do índice de vigor correlacione com o teste de vigor tradicional, utilizado para a calibração da fórmula.

O SAS é um equipamento com potencial de utilização para avaliação do vigor de sementes por meio da avaliação de imagens de plântulas, porém, é necessário realizar pesquisas para cada espécie, de maneira a comprovar a sua eficiência na avaliação do vigor de sementes.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Matéria-prima**

O experimento foi conduzido com a semente do milho híbrido IMPACTO fornecido pela empresa Syngenta, tratado com fungicida, geneticamente modificado TL/TG VIPTERA (OGM - resistente a inseto e tolerante à herbicida), de um lote comercial proveniente da safra 2012/2012. Trata-se de um híbrido precoce, tipo de grão duro, amarelo-alaranjado.

#### **3.2 Análises laboratoriais**

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária do Campus Darcy Ribeiro – UnB.

##### **3.2.1 Teor de água da semente**

Foi determinado utilizando-se quatro repetições de sementes inteiras, em estufa regulada a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). O teor de água foi calculado pela seguinte fórmula:  $\% \text{ TA} = [(M_i - M_f) / (M_f - T)] \times 100$ . Sendo,  $M_i$ : Massa inicial;  $M_f$ : Massa final; T: Tara do recipiente. Os resultados foram expressos em porcentagem.

##### **3.2.2 Teste de germinação**

Este teste foi conduzido em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) seca do substrato, em quatro repetições de 25 sementes. Os rolos de papel, acondicionados em sacos plásticos, foram mantidos em germinador a  $25^\circ\text{C}$ . A avaliação do teste foi realizada no sétimo dia após a instalação do teste, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras Para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Foram avaliadas as plântulas normais, anormais e sementes mortas. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **3.2.3 Teste de crescimento de plântulas (Medição manual)**

Foi realizado nas plântulas normais oriundas do teste de germinação, após sete dias de instalação do mesmo. Para efetuar as medições foi utilizada uma régua fixada na mesa por fita crepe (leitura em cm). As medições manuais das plântulas foram realizadas para determinar o comprimento da maior raiz, da parte aérea, do comprimento total e do número de ramificações das mesmas (VIEIRA & CARVALHO, 1994).

### **3.2.4 Teste de crescimento de plântulas (Medição das plântulas através do equipamento SAS)**

O teste de crescimento de plântulas, onde se avaliou o comprimento da maior raiz, da parte aérea e o comprimento total das plântulas foi realizado por meio do equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes) desenvolvido pela empresa Tbit Tecnologia e Sistemas, realizado com o mesmo material submetido à medição manual.

A captura e análise das imagens das plântulas normais foram realizadas com as plântulas de milho aos sete dias após semeadura, oriundas do teste de germinação, e logo após a avaliação das plântulas normais através da medição manual. Para realização da captura da imagem, foi colocada na bandeja de leitura (bandeja de acrílico transparente do equipamento SAS), uma plântula de cada vez, retirada cuidadosamente do papel toalha.

A captura das imagens foi realizada por uma câmera profissional de alta resolução (informações confidenciais do equipamento) contida dentro da câmara de captação do equipamento SAS. A calibração de cor de fundo utilizada foi o modelo de cor CIELab com luminosidade de 0 a 100, dimensão a -120 a 120 e dimensão b de -120 a -30.

Após a prévia captura das imagens das plântulas pelo SAS, as mesmas foram analisadas pelo próprio equipamento que forneceu o comprimento da maior raiz, da parte aérea e comprimento total (em todos os casos a unidade métrica utilizada foi o centímetro), número de ramificações, germinação e o vigor das plântulas, sendo os dois últimos em porcentagem.



Figura 1- Plântula na bandeja do SAS antes da digitalização da imagem, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

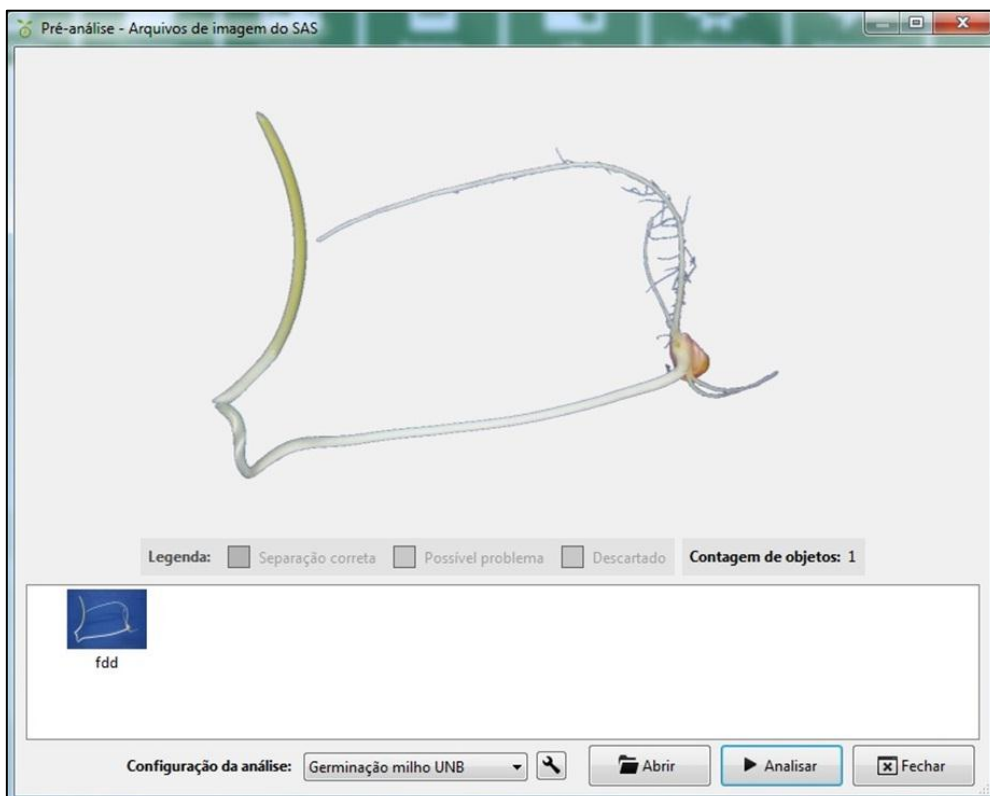


Figura 2- Janela de pré-análise (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

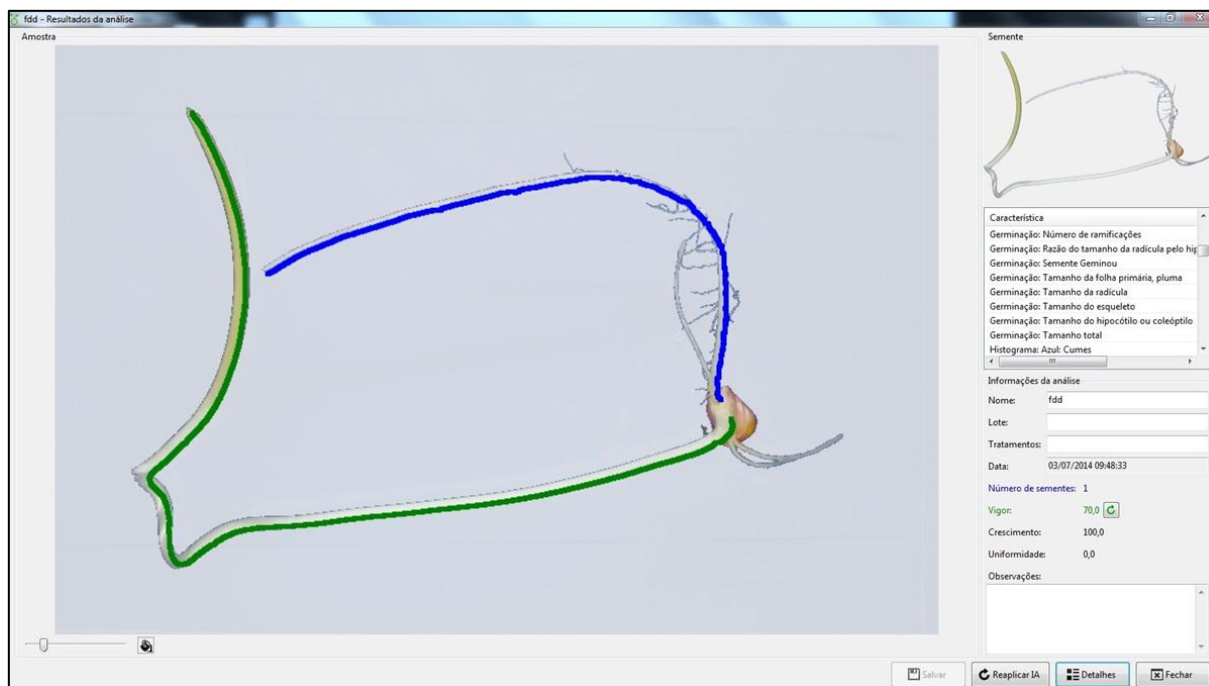


Figura 3- Plântula digitalizada (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

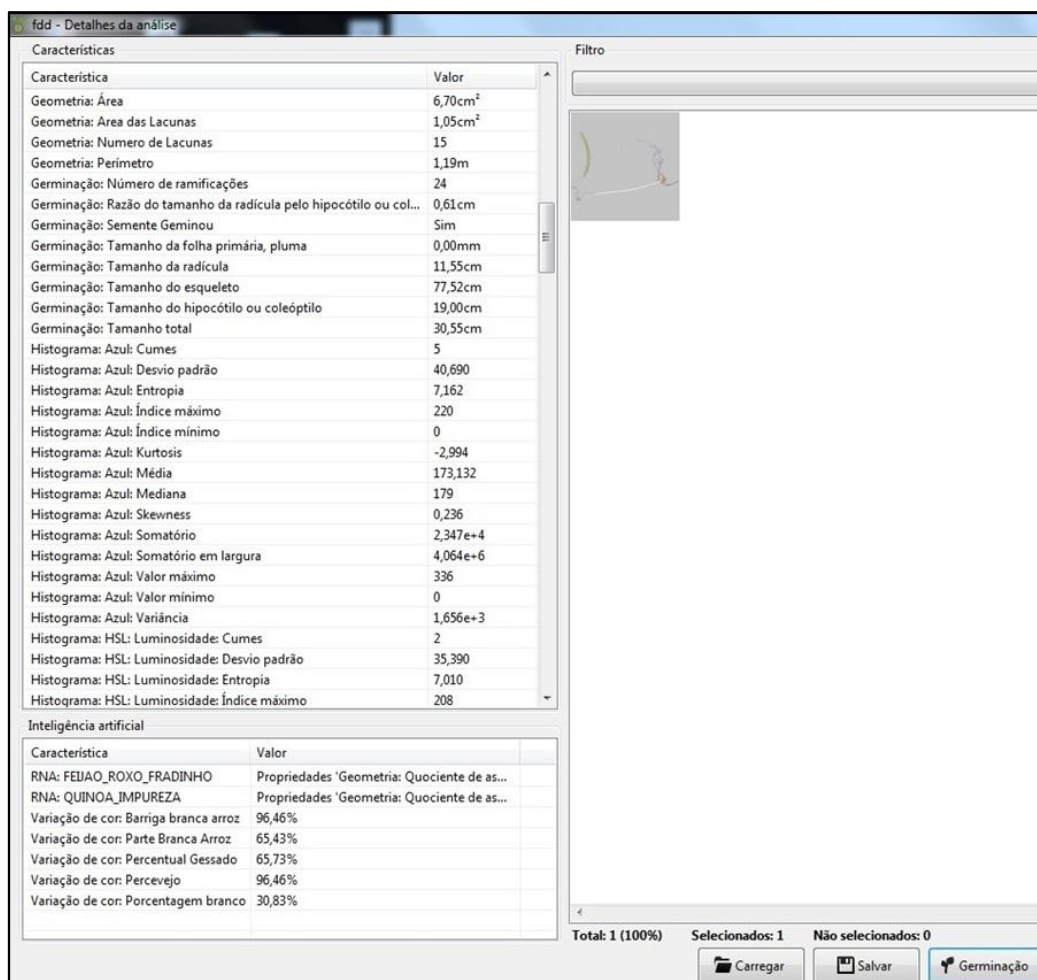


Figura 4- Detalhes da análise (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

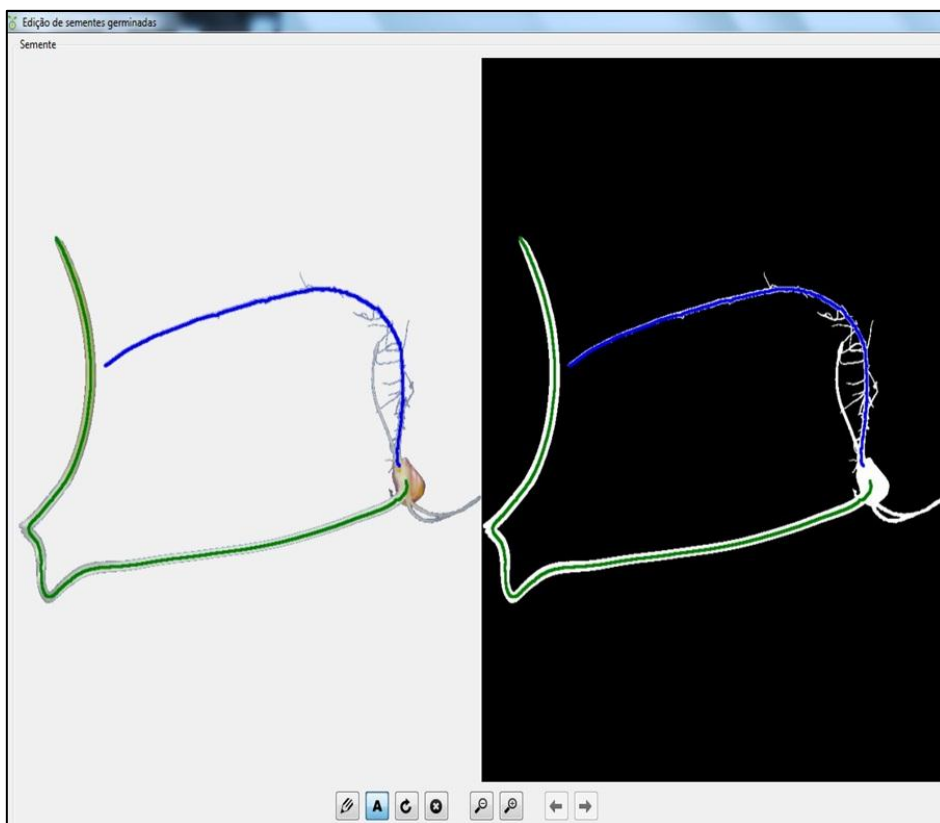


Figura 5- Janela de edição de sementes germinadas (SAS), UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

### 3.2.5 Teste de condutividade elétrica

Para esta avaliação, quatro repetições de 50 sementes, com massa conhecida, foram colocadas para embeber em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada, por um período de 24 horas a 25°C. Em seguida, as amostras foram agitadas para homogeneização dos exsudados liberados na água. A leitura da condutividade elétrica da solução em embebição foi realizada em condutivímetro modelo Digimed DM 31, previamente calibrado, com eletrodo de constante 1,0. O resultado da condutividade elétrica foi calculado pela seguinte fórmula:  $CE = Lc / Mi$ . Sendo, Lc: Leitura do condutivímetro; Mi: massa inicial. Os resultados foram expressos em  $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$  de sementes (VIEIRA, 1994).

### 3.2.6 Teste de envelhecimento acelerado

Foi adotada a metodologia recomendada pela AOSA (1983) e descrita em Marcos Filho (1999), em caixas plásticas, ditas gerbox (10 x 10 x 3cm), utilizando quatro repetições de sementes distribuídas, em camada uniforme e única, sobre bandeja de tela metálica fixada

no interior de caixa plástica contendo 40 mL de água destilada. As caixas, tampadas e acondicionadas em sacos plásticos, foram mantidas a 42°C por 96 horas. Após este período, quatro repetições de 25 sementes foram submetidas a determinação do teor de água e, quatro repetições de 25 sementes submetidas ao teste padrão de germinação, conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (VIEIRA, 1994).

### **3.3 Avaliação em campo**

O teste de emergência de plântulas em campo foi realizado na Fazenda Água Limpa, que pertence a UnB e localiza-se na área rural da Vargem Bonita – DF.

#### **3.3.1 Teste de emergência de plântula em campo**

Segundo a classificação de Köppen, o clima da Fazenda Água Limpa é tropical, concentrando-se no verão, as precipitações. O período mais chuvoso corresponde aos meses de novembro a janeiro, e o período seco ocorre no inverno, especialmente nos meses de junho a agosto. As sementes foram semeadas em sulco com 2,0 m de comprimento, aproximadamente 4,0 cm de profundidade e o espaçamento entre linhas foi de 0,5 metros, simulando a semeadura no campo propriamente dita, sendo irrigadas diariamente. A contagem das plântulas normais emergidas foi efetuada aos 14 dias após a semeadura com expressão dos resultados em porcentagem (NAKAGAWA, 1999).

### **3.4 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, onde os tratamentos foram os tipos de medições, manual ou pelo SAS.

Nas avaliações de crescimento de plântulas (comprimento da maior raiz, parte aérea, tamanho total e número de ramificações), as comparações entre os dois tipos de medições foram realizadas considerando a média de todas as plântulas avaliadas e também foi realizada uma análise onde cada plântula dentro da repetição do teste de germinação, foi considerada como uma repetição, sendo 25 na repetição I, 23 na repetição II, 24 nas repetições III e IV.

Para análise dos dados foi utilizado o teste de comparação de médias, por meio do teste de Tukey a 5% de significância, usando o software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor obtido na determinação do teor de água do híbrido de milho analisado (IMPACTO TLTG VIPTERA) foi de 13,14%. A determinação do teor de água no início da avaliação é importante para que se possam obter resultados consistentes na avaliação do potencial fisiológico das sementes (TEKRONY, 2003). Após a realização do envelhecimento acelerado, o teor de água foi de 28,36% demonstrando que as sementes embeberam com precisão para realização da avaliação. Este fato é importante para a execução das avaliações de envelhecimento acelerado, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2005).

Na tabela 1 constam os resultados da análise de variância nos testes de crescimento de plântulas, onde se comparou os dois tipos de medições das plântulas, manual e pelo SAS. Para as variáveis analisadas, maior raiz, parte aérea e comprimento total, não foram observadas diferenças significativa entre os tipos de medições, o que permite inferir que a medição realizada com o SAS oferece resultados não divergentes da medição manual. No caso da avaliação de número de ramificações houve diferença significativa a 5% de probabilidade.

Nesse trabalho, as avaliações de crescimento de plântulas foram realizadas nas plântulas normais oriundas do teste de germinação à 25°C, após sete dias do início do mesmo. No trabalho de Pinto (2014) encontra-se o relato de que o vigor de sementes de milho pode ser avaliado em plântulas obtidas em semeadura em papel toalha branco, em temperatura de 25°C com avaliação ao terceiro dia.

Tabela 1. Análise de variância nos testes de crescimento de plântulas.

FV	GL	QM			
		Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Tipo de medição	1	5,02 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	14,50 <sup>ns</sup>	0,00*
Resíduo	6	8,85	6,09	23,34	0,10
CV		17,15	16,88	15,15	8,04
Média		17,35	14,62	31,88	4,03

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Os coeficientes de variação encontrados ficaram abaixo de 20% (tabelas 1 e 3), o que demonstra confiança nos resultados obtidos, e estão dentro dos valores encontrados na literatura em experimentos de avaliação de qualidade fisiológica em milho (BORBA *et al.*, 1995; RODRIGUES, 2007; PERES, 2010).

Na tabela 2 estão apresentados os resultados do teste de média realizado para as avaliações de crescimento de plântulas (maior raiz, parte aérea, comprimento total e número de ramificações) e, conforme esperado, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas pelos dois tipos de medições. Para o número de ramificações, onde havia apresentado diferença estatística, não se percebeu diferença no teste de médias.

Tabela 2. Resultados médios obtidos nos testes de crescimento de plântulas.

Tipo de medição	Médias			
	Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Manual	16,55 a	14,14 a	30,54 a	4,04 a
SAS	18,14 a	15,09 a	33,23 a	4,03 a
Dms	5,15	4,27	8,36	0,56

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Nas variáveis analisadas, maior raiz, parte aérea e comprimento total, notam-se que as médias obtidas pelo SAS foram superiores que a da medição manual. A explicação para este fato é que, em muitos casos, as plântulas não se encontravam completamente retas, havia “curvas” em sua estrutura, o que impossibilitava de fazer uma medição manual precisa, subestimando o valor desta. O SAS, por ter a capacidade de traçar o caminho da plântula com precisão, não apresentou essa limitação.



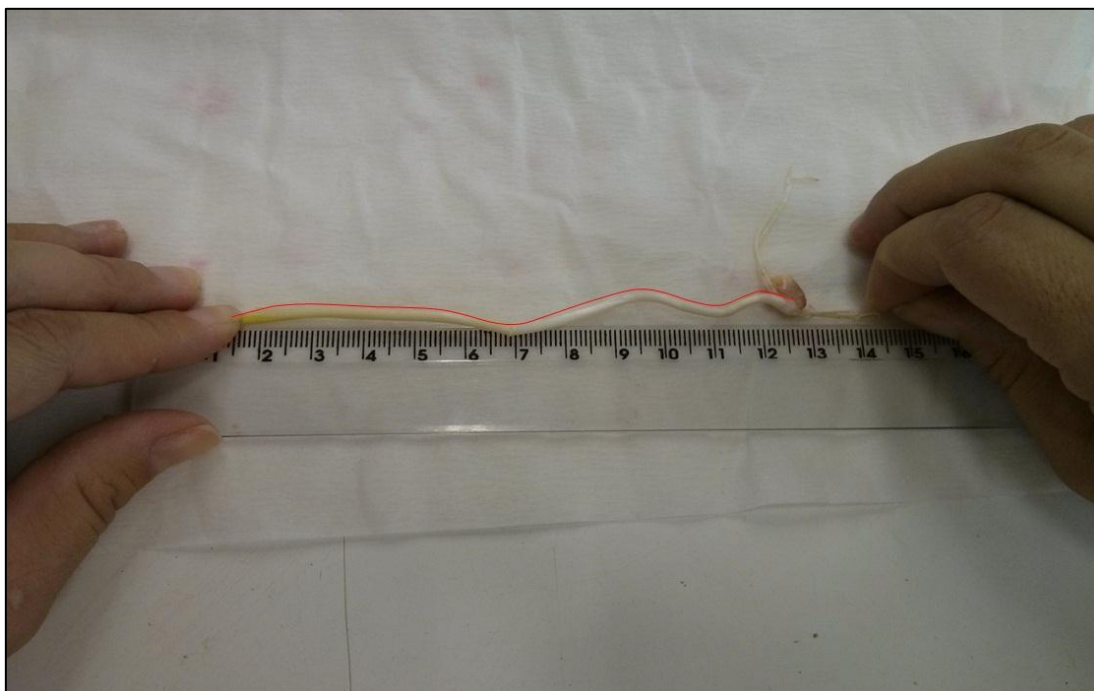


Figura 6 – Limitação da medição manual, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2014.

Na tabela 3, observam-se os resultados dos testes de germinação e dos testes de vigor (emergência em campo e envelhecimento acelerado), comparando os tipos de medições. Verifica-se que não houve diferença significativa entre as duas medições, ou seja, entre os valores obtidos nos testes de vigor, pela metodologia tradicional e o valor de vigor que o SAS estima.

Tabela 3. Análise de variância nos testes de germinação e vigor.

FV	GL	QM		
		Germinação (%)	Emergência em campo (%)	Envelhecimento acelerado (%)
Tipo de medição	1	5,49 <sup>ns</sup>	8,04 <sup>ns</sup>	8,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	15,04	11,03	11,03
CV		4,03	3,46	3,46
Média		96,17	96,00	96,00

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Os resultados encontrados no teste de médias na germinação, emergência em campo e envelhecimento acelerado estão apresentados na tabela 4. Conforme esperado não

apresentaram diferença estatística, o que confirma a possibilidade de uso do SAS nas avaliações de qualidade fisiológica em semente de milho.

Pode-se verificar que o híbrido analisado apresentou germinação acima de 95% (tabela 4), acima do padrão mínimo de 85%, estabelecido para germinação dos lotes comerciais de sementes de milho no Brasil (BRASIL, 2014). Além de alto poder germinativo apresentou também vigor elevado (97%) nos testes de emergência em campo e envelhecimento acelerado. Segundo Tekrony *et al.* (1989), em condições ideais de germinação, o vigor não afeta a emergência de lotes de sementes de milho.

Também foi realizado o teste de condutividade elétrica, cujo resultado encontrado foi de  $9,08 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , inferindo em uma semente com alto vigor, pois de acordo com Vieira & Carvalho (1994), resultados na faixa entre 6 -  $15 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  demonstram lotes com alto vigor. Não foi possível comparar numericamente os resultados do teste de condutividade elétrica com o SAS, devido à diferença que existe na unidade do teste (os resultados do SAS são em porcentagem).

Tabela 4. Resultados médios obtidos nos testes de germinação, emergência em campo e envelhecimento acelerado.

Tipo de medição	Médias		
	Germinação (%)	Emergência em campo (%)	Envelhecimento acelerado (%)
Manual	97,00 a	97,00 a	97,00 a
SAS	95,34 a	94,99 a	95,00 a
Dms	6,71	5,75	5,75

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Foi realizada a análise estatística comparando os resultados entre as medições (manual e pelo SAS) no teste de crescimento de plântula em cada uma das quatro repetições, conforme demonstrado nas tabelas 5, 6, 7 e 8. Neste caso as avaliações são realizadas comparando plântula a plântula, na medição manual e no SAS. Desta forma, o número de repetições é variável, pois é em função do número de plântulas normais encontradas no teste de germinação, uma vez que as avaliações do crescimento eram realizadas apenas nas plântulas normais. Assim, tem-se 25 na repetição I, 23 na repetição II, 24 nas repetições III e IV.

Podem-se verificar os dados da repetição I na tabela 5, em que apenas para a avaliação de parte aérea foi encontrada diferença significativa ( $p < 0,01$ ), sendo que para as demais variáveis analisadas não se observa diferença significativa.

Tabela 5. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição I.

FV	GL	QM			
		Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Tipo de medição	1	1,60 <sup>ns</sup>	51,35**	71,07 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	48,81	6,42	56,97	1,04
CV		35,59	18,81	22,80	23,25
Média		19,63	13,47	33,10	4,38
Teste de médias	1	19,45 a	12,46 b	31,91 a	4,40 a
	2	19,81 a	14,49 a	34,30 a	4,36 a
	dms	3,97	1,44	4,29	0,58

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na tabela 6, estão os resultados da repetição II do teste de germinação, onde se observa diferença estatística para todas as variáveis analisadas, com exceção para a parte aérea. No teste de médias, verifica-se que houve uma superioridade em centímetros nas avaliações de maior raiz e comprimento total, realizadas no SAS. Apesar da observação de significância para número de ramificações, não foi possível a separação em classes pelo teste de médias.

Os dados da repetição III estão na tabela 7, onde para todas as avaliações de crescimento de plântulas, não foi observado diferença significativa, quando se comparou plântula a plântula normal.

Tabela 6. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição II.

FV	GL	QM			
		Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Tipo de medição	1	274,30*	26,92 <sup>ns</sup>	473,09**	0,00**
Resíduo	44	62,66	9,35	60,54	0,66
CV		40,00	17,10	20,65	19,73
Média		19,79	17,89	37,68	4,13
Teste de médias	1	17,35 b	17,12 a	34,47 b	4,13 a
	2	22,23 a	18,65 a	40,88 a	4,13 a
	dms	4,71	1,82	4,63	0,48

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição III.

FV	GL	QM			
		Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Tipo de medição	1	31,17 <sup>ns</sup>	15,28 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
Resíduo	46	38,57	17,79	55,25	0,97
CV		15,08	28,24	24,77	24,24
Média		41,19	14,94	30,01	4,06
Teste de médias	1	14,27 a	15,50 a	29,77 a	4,12 a
	2	15,88 a	14,37 a	30,25 a	4,00 a
	Dms	3,61	2,45	4,32	0,57

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na tabela 8, não se observou diferença significativa para as avaliações de crescimento de plântulas na repetição IV, o que permite inferir positivamente na utilização do SAS em avaliação destas características em plântulas.

Tabela 8. Análise de variância e teste de médias nos testes de crescimento de plântulas, considerando a avaliação por plântula, na repetição IV.

FV	GL	QM			
		Maior raiz (cm)	Parte aérea (cm)	Comprimento total (cm)	Nº ramificações
Tipo de medição	1	2,98 <sup>ns</sup>	11,84 <sup>ns</sup>	26,70 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
Resíduo	46	47,76	7,92	48,32	1,03
CV		48,01	22,79	25,99	28,13
Média		14,39	12,35	26,75	3,60
Teste de médias	1	14,14 a	11,85 a	26,00 a	3,54
	2	14,64 a	12,85 a	27,49 a	3,67
	dms	4,02	1,64	4,04	0,59

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

No trabalho realizado por Pinto (2014) foram avaliados dois híbridos de milho, cada um representado por nove lotes, onde foi empregado o SAS para avaliação de características de plântulas (comprimento médio do coleóptilo, da raiz e das plântulas) e pelos índices de vigor. Neste caso, o trabalho comparou o uso do SAS sem calibração e com calibração manual e verificou que a análise de imagem deve ser feita com a calibração automática pelo software SAS, sem necessidade de correção da imagem das plântulas e conclui que o SAS é um equipamento promissor para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho.

Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram positivamente com os apresentados no trabalho de Pinto (2014), demonstrando a possibilidade de utilização do SAS para analisar a qualidade fisiológica de sementes de milho.

## **5. CONCLUSÕES**

A comparação dos resultados obtidos pela análise das sementes de milho por meio dos testes de germinação e vigor e pela análise realizada pelo SAS permitiu verificar que não existe diferença entre as duas formas de avaliação.

O Sistema de Análise de Sementes - SAS é uma possibilidade promissora na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de milho.

## 6. REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A.A; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T.T., (Ed.) **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972. p. 283-309.

ALVARENGA, R. O.; MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho super doce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 488-494, set. 2012.

AOSA. Association of Official Seed Analysts.. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, 1983. p. 88.

BAALBAKI *et al.* **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 2009. 346p. (Contribution 32).

BITTENCOURT, S.R.M. *et al.* Metodologia alternativa para a condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.8, p.1360-1365, ago. 2012.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; ANDREOLI, C.; PURCINO, A.A.C. Germinação de sementes de diversos genótipos de milho tropical (*Zea mays* L.) em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 2, p.141-144 . 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Padrões para produção e comercialização de sementes de milho cultivares híbridas**. Disponível em: >[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/Padrões\\_milho.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/Padrões_milho.pdf)> Acesso em: 02 jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. p. 399.

CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* (L.)). **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, n.3, 1990. p. 52-75.

CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A.C.; VAN ECK, J.W.; HOEKSTRA, F.A. Pre-harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, Wallingford, v.9, n.3, 1999. p. 227-236.

CARVALHO, N.M. **Vigor de sementes**. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (coord). **Atualização em produção de sementes**. Campinas. Fundação Cargil, 1986. p. 207-223.

CASEIRO, R.F; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para condução do teste de frio em sementes de milho: pré-resfriamento e distribuição do substrato no interior da câmara fria. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p.6-11, 2002.

CICERO, S.M.; HEIJDEN, G.W.A.M.; BURG, W.J.; BINO, R.J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.3, 1998. p. 603-612.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja Doutor do seu milho**. Arquivo do Agrônomo. Piracicaba-SP. n 2º, 1995.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: segundo levantamento safra 2013/2014**. Brasília, 2013. p. 53.

COUTO, L.; RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. **Importância do milho irrigado**. In: RESENDE, M., ALBUQUERQUE, P. E. P., COUTO, L. A cultura do milho irrigado. Brasília. Embrapa Informações e Tecnologia, 2003. p. 12-22.

CUSTÓDIO, C.C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, v.25, 1997. p. 549-564.



DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO. **Safra mundial de milho 2013/2014: 5º levantamento do USDA**, set/13. Disponível em:

<<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2>>.

Acesso em: 15 abr. 2014.

DELOUCHE, J.C.; CALDEWELL, W.P. Seed vigor and vigor tests. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, v.50, 1960. p. 124-129.

DIAS, M.A.N.; MONDO, V.H.; CICERO, M.S.M. Vigor de sementes de milho associado à mato competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n.2, p.93-101, 2010.

DORNELAS, M.C.; LOBO, C.A., VIEIRA, I.G. Avaliação do tamanho de plântulas de *Eucalyptus* spp. após a germinação, com utilização de análise de imagens digitais auxiliada por computador. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.68, p.125-130, ago. 2005.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: Embrapa – SPI, 1996. p. 204.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: Embrapa - DPU, 1989. p. 425.

FERGUSON, J.M. AOSA perspective of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, v.17, n.2, 1993. p. 101-104.

GENEVE, R. L.; KESTER, S. T. **Evaluation of seedling size following germination using computer-aided analysis of digital images from a flat-bed scanner**. HortScience, Alexandria, v. 36, n. 6, p. 1117-1120, Oct. 2001.

GIRARDIN, P.; CHAVAGNAT, A.; BOCKSTALLER, C. Determination des caractéristiques des sementes de maïs grace a la radio graphie rayons X. (Determination of characteristic of corn seed by X-ray). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.21, n.3, 1993. p. 545-551.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 3rd ed. New Jersey: Prendice-Hall, 2010. 976 p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 3rd ed. Reading: A. Wesley, 2007. 988 p.

HOFFMASTER , A.L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Na automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, v. 31, n.3, 2003. p. 701-713.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 218.

LOPES, J.M.B. **Computação gráfica: cor e luz**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2003, 45p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Circular Técnica, n. 20, 1995.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. p. 200.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MARCOS FILHO, J. Sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS) para avaliação do vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 40-44, out. 2010.

MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p. 1-24.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes.** Piracicaba: FEALQ, 1987. p. 230.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, jan./fev.2009.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. **The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value.** Proc. Int. Seed Test. Assoc. Wageningen, v.36, n.3, p. 553-63. 1967.

MATTHEWS, S. *et al.* **Early counts of radicle emergence during germination as a repeatable and reproducible vigour testing for maize.** ISTA New Bulletin, Zurich, n.141, p.20-26, April 2011.

MCCORMAC, A.C.; KEEFE, P.D.; DRAPER, S.R. Cauliflower seed vigor: imbibitions effects. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 4, 1990. p. 893-899.

MCDONALD T.; CHEN, Y.R. Application of morphological image processing in agriculture. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.4, 1990. p. 1345-1352.

MCDONALD, M.B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, v.17, n.2, 1993. p. 93-100.

MCDONALD, M.B.; FUJIKURA, K; SAKO, Y; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. **Computer imaging to improve seed quality determinations.** In: Digital imaging and spectral techniques: application to precision agriculture and crop physiology. ASA Special Publication , n.66, p.15-27, 2003. n.4, 1988. p. 1264-1271.

MONDO, V.H.V. *et al.* Seed vigor and initial growth of corn crop. **Journal of Seed Science**, Zurich, v.35, n.1, p. 64-69, 2013.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas.** In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

PERES, W.R.L. **Teste de vigor em sementes de milho.** Jaboticabal, 2010. 61p. (Mestrado - UNESP).

PINTO, C.A.G. **Análise de imagens na avaliação do potencial fisiológico em sementes de milho.** Lavras: UFLA, 2014. 52p. (Mestrado - UFLA).

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes.** Brasília: Agiplan, 1977. p. 289.

PRETE, C.E.C.; GUERRA, E.P. **Qualidade fisiológica de sementes.** In: Destro D & Montalvan R (Eds.) **Melhoramento genético de plantas**, 1999. p. 659-674.

RESENDE, M.; FRANÇA, G. E. **Manejo de corretivos e fertilizantes.** In: RESENDE, M., ALBUQUERQUE, P. E. P., COUTO, L. **A cultura do milho irrigado.** Brasília. Embrapa Informações e Tecnologia, 2003. p. 12-22.

RODRIGUES, A.B. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho de classes de tamanho misturadas para fins de semeadura fluidizada.** Jaboticabal, 2007. 45p. (Mestrado - UNESP).

SÁ, M.E. **Relações entre a qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill).** Piracicaba, 1987. 147p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SAKO, Y.; MCDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. **A system for automated seed vigour assessment.** *Seed Science and Technology*, v. 29, n. 3, 2001. p. 625-636.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance**. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. **Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação com nitrogênio**. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. p.129-144.

STEINER, J.J. Seedling rate of development index: indicator of vigor and seedling growth response. **Crop Science**, v. 30, n.6, 1990. p. 1264-1271.

TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **ISTA New Bulletin**, Zurich, v.31, n.2, p.435-447, 2003.

TEKRONY, D.M., EGLI, D.B., WICKHAM, D.A. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance: II., plant growth and grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 1528-1531, 1989.

VIEIRA, R. D. **Teste de condutividade elétrica**. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 103-139.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. v.1. 164p.

WOODSTOCK, L.W. Seed vigor. **Seed World**, v.97, 1965. p. 6.

WOODSTOCK, L.W. Seedling growth as a measure of seed vigor. **Proceedings of International Seed Testing Association**, v. 34, n. 2, 1969. p. 273-280.